Über den Stickstoffgehalt plasmochromer und chymochromer Blumenblätter

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

einer Hohen Naturwissenschaftlich-Mathematischen Fakultät

der Ruprecht-Karl-Universität zu Heidelberg

vorgelegt von

Hilde Bühler

aus Tiefenbronn / Schwarzwald

Akademische Verlagsgesellschaft Becker & Erler Kom.-Ges., Leipzig

Akademische Verlagsgesellschaft Becker & Erler Kom.-Ges., Leipzig

Lebenslauf

Ich, Hilde Therese Bühler, wurde geboren am 24. März 1916 zu Neustadt/Schw. als Tochter des Notars Severin Bühler und seiner Ehefrau Emma, geb. Pfeffinger. Von 1926 bis 1935 besuchte ich die höhere Schule, die ich in Karlsruhe mit dem Reifezeugnis der Fichte-Schule verließ. Nach Ableistung meines Arbeitsdienstes widmete ich mich dem Studium der Chemie an der Technischen Hochschule Karlsruhe vom Wintersemester 1935/36 bis einschließlich Wintersemester 1936/37. Aus gesundheitlichen Gründen mußte ich mein Studium bis Herbst 1941 unterbrechen. Seit dem Wintersemester 1941/42 setzte ich dasselbe an der Universität Heidelberg fort und widmete mich besonders dem Fachgebiet der Botanik. Als Nebenfächer für die Promotion wählte ich Chemie und Physik.

Meine akademischen Lehrer in Karlsruhe waren die Herren Professoren Bühl, von Sanden, Schwartz, Schwarz, Stock, Wiberg und die Herren Dozenten Lux, Reichel und in Heidelberg die Herren Professoren Becker, Freudenberg, Juza, Seybold und die Herren Dozenten Moewus, Stehberger und Weidlich. Ihnen allen bin ich zu Dank verpflichtet.

Die Promotionsarbeit wurde vom Frühjahr 1942 bis Winter 1943 unter Leitung von Herrn Professor Dr. Seybold, dem ich ganz besonderen Dank schulde, im Botanischen Institut der Universität Heidelberg ausgeführt.

(Aus dem Botanischen Institut der Universität Heidelberg)

Über den Stickstoffgehalt plasmochromer und chymochromer Blumenblätter*)

Von Hilde Bühler

A. Einleitung

Die Farbstoffe in den Blumenblättern können bekanntlich entweder an das Eiweiß der Plastiden gebunden oder im Zellsaft gelöst sein. Die Frage nach dem Zustandekommen dieser beiden Möglichkeiten der Farbstoffablagerung ist in letzter Zeit besonders von Seybold (1942 u. 1943) erörtert worden, wobei, auf den zytologischen Untersuchungen von Schimper (1885) fußend, folgende Hypothese aufgestellt wird: Bei allen Blumenblättern werden zunächst genau wie beim Laubblatt, Chromatophoren ausgebildet; denn fast ausnahmslos sind alle jungen Blumenblätter ursprünglich von grüner Farbe. Diese Tatsache wurde schon von Marquart (1835) festgestellt, und sie kann an dieser Stelle erneut bestätigt werden: Bei einer mikroskopischen Untersuchung von etwa 200 verschiedenen Blütenknospen konnten nur 6 gefunden werden, bei denen sich eine Grünfärbung der Blumenblätter nicht eindeutig feststellen ließ. Bei *Plantago major, Scrophularia altaica, Cirsium arvense, Echinops Banaticus, Sylibum marianum* und *Cnicus benedictus* konnte selbst auf fluoreszensmikroskopischem Wege in den Blumenblättern kein Chlorophyll nachgewiesen werden. Schon in einem frühen Entwicklungsstadium verschwindet nun bei den Blumenblättern die grüne Farbe wieder, und zwar nach Auffassung von Seybold deswegen, weil die Chloroplasten eine physiologische Rückbildung erfahren. Es setzt eine Abwanderung der protoplasmatischen Träger des Chlorophylls ein, infolge deren das Chlorophyll zugrunde geht, während die Plastiden und die an sie gebundenen Carotinoide zunächst erhalten bleiben. Dieses Stadium wird von Seybold als plasmachromes benannt. In solchem physiologischen Zustand befinden sich alle gelben Blumenblätter mit wenigen Ausnahmen (*Verbascum, Crocus*) und außerdem einige wenige rote, z. B. *Adonis aestivalis*,

*) Dissertation der Naturwissenschaftlich-mathematischen Fakultät der Ruprecht-Karl-Universität Heidelberg.

die rote Chromatophoren führen. — Die physiologische Reduktion kann nun dahin weitergehen, daß auch die Plastiden abgebaut werden und ihre Abbauprodukte aus der Zelle auswandern. Die danach vorhandenen Farbstoffe liegen dann im Zellsaft gelöst vor: es handelt sich hier meist um Anthocyane, die man sich vielleicht nach der Hypothese von Frey-Wyssling (1938) entstanden denken kann. Für Blumenblätter in diesem Stadium wird von Seybold die Bezeichnung chymochrom vorgeschlagen. Es gehören hierher alle blauen, violetten, fast alle roten und wohl auch die weißen Blütenblätter; an gelben sind es nur einige Ausnahmen. — Dieser Auffassung zufolge müßte den plastidenführenden Blumenblättern ein höherer Gehalt an Stickstoff zukommen als den chymochromen von gleicher Konstitution.

Es ist der Zweck der vorliegenden Arbeit, an Hand vergleichbarer quantitativer Stickstoffanalysen zu sehen, inwieweit diese Voraussetzung zutrifft. Als Richtlinien für die Entscheidung, ob ein Blumenblatt als plasmochrom oder chymochrom anzusehen ist, dienten noch unveröffentlichte Untersuchungen von Herrn Professor Dr. Seybold. Im allgemeinen ist diese Entscheidung nicht schwer zu treffen, doch können gewisse Zweifelsfälle vorkommen. Es können z. B. in chymochromen Blumenblättern imer noch Überreste von Plastiden vorhanden sein, ebenso wie in plasmochromen Blumenblättern Farbstoffe auch im Zellsaft gelöst sein können. Die weißen Blumenblätter wurden hier durchweg als chymochrom gewertet, was aber in manchen Fällen nicht ganz einwandfrei festzustehen scheint, da in ihnen unter Umständen „Leukoplasten" enthalten sein können.

An früheren Untersuchungen des Stickstoffgehalts in Blumenblättern liegen nur sehr wenige vor. Eine wichtige Arbeit hierüber wurde von Schumacher (1932) veröffentlicht. Der Verfasser untersuchte die Veränderungen des Stickstoffgehalts, die bei der gleichen Blüte im Lauf ihrer Entwicklung eintreten, wobei er fand, daß die meisten Pflanzen einen großen Teil des Stickstoffs aus den Blütenblättern zurückziehen, schon ehe ein sichtbares Welken einsetzt. Die von Schumacher angegebenen absoluten Stickstoffmengen stimmen, soweit vergleichbar, recht gut mit den hier gefundenen überein.

Die vorliegende Arbeit wurde auf Anregung von Herrn Professor Dr. Seybold in der Zeit von Frühjahr 1942 bis Herbst 1943 im Botanischen Institut der Universität Heidelberg ausgeführt. Herrn Professor Seybold danke ich auch an dieser Stelle für seine wertvollen Ratschläge und die vielseitige Hilfe, durch welche er meine Arbeit förderte. — Bei der Beschaffung des Pflanzenmaterials wurde ich in dankenswerter Weise unterstützt durch die Herren Professoren

HERZOG-Jena, KOENIG-Forchheim, LAIBACH-Frankfurt/M., ORTH-München, TROLL-Halle/S. sowie Dr. V. RATHLEF-Sangerhausen, Dr. SCHWANITZ-Rosenhof, Dr. SCHWARZ-Heidelberg und Hauptlehrer WOLF-Heidelberg. Herr Dr. TAUBÖCK-Ludwigshafen/Rh. führte mich in die subtile Methode der Mikro-KJELDAHL-Bestimmung ein, wofür ich ihm zu großem Dank verpflichtet bin.

B. Zur Methodik

Die Stickstoffbestimmungen wurden nach dem Mikro-KJELDAHL-Verfahren ausgeführt. Es wurde dazu die Apparatur von PARNAS WAGNER verwandt, die in der Arbeit von KEYSSNER u. TAUBÖCK im einzelnen beschrieben ist. Die Vorbereitung des pflanzlichen Materials war folgende: Die Blüten, die teils dem Freiland, teils dem Botanischen Garten entstammten, wurden in eben *vollaufgeblühtem Zustand* geerntet, die Blumenblätter sofort abgezupft und im Trockenschrank bei mäßiger Hitze (60—80°) getrocknet. — Bei Blumenblättern mit grüner Blattbasis wurde diese in der Regel entfernt, da, wie getrennte Untersuchungen ergaben, die Stickstoffbeträge sonst hätten erhöht werden können. Wo sonstige besondere Maßnahmen ergriffen wurden, wie z. B. getrennte Untersuchung der verschiedenen Blumenblätter bei Papilionaceen u. dgl., so werden diese einzeln im Zusammenhang erwähnt. — Das getrocknete Material wurde über Nacht im Exsikkator über konz. H_2SO_4 nachgetrocknet, dann pulverisiert und in Kolben für den Mikro-KJELDAHL-Aufschluß eingewogen. (Näheres über die Apparatur für den Aufschluß siehe ebenfalls KEYSSNER u. TAUBÖCK.) — Es ist von Wichtigkeit, daß das eingewogene Material ein möglichst fein gemahlenes, homogenes Pulver darstellt, denn in Fällen, wo dies nicht ohne weiteres zu erreichen war, konnten mitunter beträchtliche Schwankungen im Stickstoffgehalt festgestellt werden. Die Substanzmenge für eine Einwaage betrug im allgemeinen 50 mg. Für jede Untersuchung führte ich 3 bis 4 Analysen aus. Wo das Material dazu nicht ausreichte, wurde mit geringeren Einwaagen (30 mg) gearbeitet, nachdem durch Vergleichsversuche festgestellt worden war, daß die Übereinstimmung in den Ergebnissen eine durchaus genügende ist. — Die Abweichungen der einzelnen Analysen einer Untersuchung betrugen im allgemeinen nicht über ± 4%. Die angegebenen Werte sind Mittelwerte.

Als Bezugsgröße wurde das *Trockengewicht* und in den meisten Fällen auch das *Frischgewicht* genommen. Die *Blattfläche* als Bezugsgröße ließ sich wegen der Kleinheit der meisten Blumenblätter nur in verhältnismäßig wenigen Fällen ermitteln. Bei der Berechnung wurden die Stickstoffwerte bezogen auf 100 mg Trockengewicht, 1000 mg Frischgewicht und 100 qcm Fläche. — Bestimmt wurde lediglich der *Gesamtstickstoff*. Die Bestimmung der einzelnen Stickstoff-Fraktionen erübrigte sich für diese Arbeit, die lediglich einen Überblick über die Stickstoffmenge in Blumenblättern möglichst vieler Pflanzen geben soll. — Diese speziellen Analysen hätten außerdem wesentlich größere Mengen an Material erfordert, als in den meisten Fällen beizubringen war. — Der störende Einfluß des Nitratstickstoffs konnte wegen der Geringfügigkeit des Fehlers bei der Bestimmung des Gesamt-Stickstoffs außer acht gelassen werden (vgl. KEYSSNER u. TAUBÖCK). — Da mir die Vorbereitungen des frischen Materials zum großen Teil in dankenswerter Weise durch die technischen Assistentinnen von Herrn Professor Dr. SEYBOLD abgenommen wurden, war es mir möglich, pro Tag durchschnittlich 4 Untersuchungen mit je 4 Analysen aus-

zuführen. So konnten innerhalb eines Jahres insgesamt 450 Untersuchungen angestellt werden.

Im folgenden ist das gesamte untersuchte Blütenmaterial in der Reihenfolge der Systematik nach WETTSTEIN in Familien zusammengestellt. Die miteinander einigermaßen vergleichbaren plasmachromen und chymochromen Arten werden am Anfang einer jeden Familie aufgeführt und am Schluß der besseren Übersicht wegen noch einmal in einer Tabelle zusammengefaßt. Meist handelt es sich um Pflanzen ein und derselben Spezies. Ein solcher Vergleich wird freilich immer ein etwas schiefes Bild der Verhältnisse geben, denn die miteinander verglichenen Blumenblätter weisen in allen Fällen mehr oder weniger große Unterschiede in ihrer Struktur auf, wodurch die Stickstoffwerte verzerrt werden. So ist z. B. zu beachten, daß die gelben Blumenblätter im allgemeinen von wesentlich derberer Beschaffenheit sind als die vergleichbaren blauen, roten oder weißen. Sie besitzen also mehr Trockensubstanz als die anderen, was bedingt, daß sie in bezug auf ihre Stickstoffmenge pro Trockengewicht verhältnismäßig schlechter abschneiden müssen. Auch das Frischgewicht ist keine ideale Bezugsgröße, da hier ebenfalls Verzerrungen der Werte entstehen können; außerdem ist das Frischgewicht gerade bei Blumenblättern außerordentlich schwankend und daher nicht exakt zu ermitteln. Bei der Fläche als Bezugseinheit, die, wie bereits erwähnt, nur in wenigen Fällen bestimmt werden konnte, fällt wiederum die unterschiedliche Dicke der vergleichbarenObjekte störend ins Gewicht. Die Anzahl der zur Analyse verwandten Blumenblätter als Bezugseinheit wurde wegen der großen morphologischen Verschiedenheit der Objekte gänzlich außer acht gelassen; hier dürften die Unstimmigkeiten in den Ergebnissen wohl noch erheblicher gewesen sein. Eine ideale Bezugsgröße, die jede Verzerrung der Werte ausschließt und einen einwandfreien Vergleich derselben erlaubt, gibt es eben nicht. Um so erstaunlicher ist daher, daß trotzdem in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle der chymochrome Partner dem plasmochromen in bezug auf den Stickstoffgehalt beträchtlich unterlegen ist. — Bei der nun folgenden Zusammenstellung bedeuten die Zahlen ohne nähere Bezeichnung γ N pro 100 mg Trockensubstanz, die eingeklammerten Zahlen γ N pro mg Frischgewicht und die mit /Fl. bezeichneten γ Npro 100 qcm Fläche. Die häufig gebrauchten Abkürzungen pl. und ch. bedeuten plasmochrom bzw. chymochrom.

C. Analysenergebnisse

1. Systematische Untersuchung des N-Gehaltes der Blumenblätter

I. Dicotylae

a) Monochlamydeae

Bei den Monochlamydeen, die in der Regel bekanntlich wenig ausgebildete Blumenblätter aufweisen, ist die Zahl der Analysen außerordentlich gering, da sich die Blüten dieser Pflanzen nicht für solche Untersuchungen eignen. Die Ergebnisse waren folgende: Die Nyctaginacee *Mirabilis jalapa* ch. gelb 3380 und ch. rot 2680, die Caryophyllaceen *Dianthus carthusianorum* ch. 1340

(3700), *Saponaria offic.* ch. 2700 (4050) und die Hamamelidaceen *Corylopsis sinensis* pl. 3100 (4540) und *Hamamelis japonica* ch.-pl. 1160 (4160).

b) Dialypetalae

Von den Ranales kamen zur Untersuchung die Magnoliaceen *Liriodendron tulipifera* pl. Kelch 1760 (3570) 11800/Fl., gelbe Blumenblätter: 2120 (4270), grüne Blumenblätter: 1980 (3790), *Magnolia angustifolia* ch. 3160 (3320) 11800/Fl. und *Magnolia stellata* ch. 3480 (3570) 7300/Fl., die plasmochromen Aristolochiaceen *Asarum caudatum* 3820 (4440), *Asarum europ.* 2920 (2890), *Aristolochia clematitis* 6160 (8400), *Aristolochia rotunda* 5000 (8150), *Aristolochia sipho*, unterer Teil der Blumenblätter 3760 (3800), oberer Teil 4620 (5150), dagegen die chymochrome-plasmochrome *Aristolochia Lindneri* 2920 (3660), die chymochrome *Aristolochia tricaudata* 2240 (1820) und die Calycanthacee *Calycanthus floridus* ch.-pl., äußere Blumenblätter 4180 (7800), innere 5000 (7500).

Die wichtigsten Vertreter der Ordnung sind die Ranunculaceen. Hier ergab die Gattung *Ranunculus* ein entgegengesetztes Ergebnis als erwartet wurde. Dies mag dadurch verursacht sein, daß die gelben, plastidenführenden Blumenblätter außerordentlich stärkereich sind, wodurch die Masse der Trockensubstanz erhöht und damit der Wert des Stickstoffgehalts herabgedrückt wird. Bei *Ranunculus ficaria* z. B. ergab eine getrennte Untersuchung der oberen stärkehaltigen Teile der Blumenblätter einen Wert von 1050, wohingegen die unteren stärkefreien Anteile 1660 enthielten. Daß Stärke tatsächlich nur im oberen Teil der Blumenblätter abgelagert ist, war leicht durch die Jodprobe nachzuweisen. Diese Tatsache ist übrigens schon äußerlich zu erkennen, weil der Fettglanz, den nur die äußere Blumenblatthälfte aufweist, wahrscheinlich mit dem Stärkegehalt in Zusammenhang zu bringen ist. — Die einzelnen Werte für die Gattung waren: *Ranunculus acer* 1810 (4260), *R. bulbosus* 1280 (2560), *R. ficaria* (ganze Blumenblätter) 1350 (2320), *R. lanuginosus* 1540 (1790), *R. lingua* 1070, *R. polyanthus* 1180 (1560), *R. repens* 1270 (2200), sämtliche plasmochrom. Bei *Ranunculus fluitans* wurden die gelben chromatophorenführenden Anteile und die weißen chromatophorenfreien getrennt untersucht, und zwar ergaben erstere 3800, letztere 2620. Die Werte für die chymochromen *Ranunculus aconitifolius* und *R. narzissiflorus* waren 2000 und 2020. — Von der Gattung *Anemone* konnten untersucht werden: *Anemone ranunculoides* pl. mit 3370 (6900), dagegen die chymochromen *Ane-*

mone Hepatica (*Hepatica triloba*) mit 2470 (3460),*A. narzissiflora* 2120 (3070), *A. nemorosa* 2160 (3280), *A. pulsatilla* 1460 (2320) und *A. silvestris* 1580 (3330). Weitere Ranunculaceen sind *Aquilegia chrysantha* pl. 1330 (2090) und die chymochromen *Aquilegia spec.* weiß 1240 (1760), *A. spec.* violett mit grünen (pl.) Spitzen 1440, und *A. vulgaris*, blauer Anteil 1240, gelber Anteil 1340 (1340), ferner die Paeonien: zunächst die plastidenhaltigen *Paeonia lutea* 1200, *P. Mlokosewitschi* 1490 (2300) 4550/Fl., dann die plastidenfreien *Paeonia decora* 650 (1470) 2870/Fl., *P.Delavayi* 1300 (2140) 8300/Fl., *P. offic.* 990 (1780) 3190/Fl. und *P. Wittmanniana* 1430 (1260), 3900/Fl. Weiter *Aconitum lycoctonum* pl. 1530 (1830) und *A. napellus* ch. 770 (1810), *Helleborus foetidus* pl. 1860 (4100) und *H. niger* ch. 1800 (2500), die plasmochromen *Adonis autumnalis* 1920, *A. vernalis* 3940 (6600), *Caltha palustris* 3120 (3900), *Eranthis hiemalis* 3040 (4040), *Trollius europaeus* 1800 (2500) und von demselben eine orangefarbene Gartenform 2180 (3510). Der Mittelwert beträgt für die chymochromen Blumenblätter 1590 (2380) 5430/Fl. und für die plasmochromen 1920 (3140) 4570/Fl.

Es folgen die Berberidaceen *Epimedium penatifidum* pl. 2540 (3610), dagegen *Epimedium alpinum* ch. 1400 (2140) und *E. macrantha alba* ch. 1540 (1660). Ferner die Nymphaeaceen *Nuphar luteum* pl., Kelch 2780 (4220) 16000/Fl., Blumenblätter 6500 (11600), dagegen die chymochromen *Nymphaea alba*, Kelch 1800 (2760) 7510/Fl., Blumenblätter 2520 (2560), 3950/Fl., *N. hybrida atripurpurea*, Kelch 1120 (1310) 5660/Fl., Blumenblätter 1560 (1420) 2860/Fl., *N. hybrida Marliacea chromatella*, Kelch 1040 (1530) 5100/Fl., Blumenblätter 1470 (1760) 2710/Fl.

Bei den Papaveraceen wurde folgendes gefunden: *Glaucium flavum* pl. 1750 (2540) 2020/Fl. und die chymochromen *Papaver nudicaule* 1900, *P. rhoeas* 1160, *P. somniferum* 1400 (1930). Ferner *Corydalis lutea* pl. 1940 (2030), *C. cava* ch. 2200 (2500) und *C. solida* ch. 1350 (1450). Bei *Corydalis ochroleuca* enthielt die chymochrome weiße „Fahne" 1300 (1270), während der plastidenführende gelbe Teil der „Flügel" 2090 (2840) ergab. — Außerdem standen mir zur Verfügung die plasmochromen *Eschscholtzia californica* orange mit 1950 (2850) 2600/Fl., *E. californica* gelb mit 1530 (2300) 1920/Fl., dagegen die chymochrome *E. californica* weiß mit 1710 (2110) und schließlich noch *Chelidonium maius* pl. mit 3950 (2500). Die Mittelwerte, die auch hier mit der Theorie übereinstimmen, betragen für die chromatophorenhaltigen Blumenblätter 2200 (2510), für die chromatophorenfreien 1570 (1850).

Durchaus im Sinne der Auffassung von Seybold waren die Versuchsergebnisse bei der Familie der Cruciferen. Sie waren für die plasmochromen *Brassica nigra* 2620 (3930), *Furchenkohl* 3040, *Krauskohl* 2940 (3480), *Mairübe „Goldball"* 3050 (3720), *Raps* [2 n] 2360 (3810), *Raps + Kohl* [2 n + 2 n] 2640 (4710), *Rübsen* [4 n] 2900 (5000), [2 n] 3060 (5150) und *Sinapsis alba* 2680 (4060), für den chymochromen *Raphanus raphanistrum* 2450 (3540). Weitere Werte sind: *Isatis tinctoria* pl. 2620 und die chymochromen *Aubretia deltoidea* 2200 (3060), *Dentaria pinnata* 2520 (3150), *Hesperis matronalis* 3060 (3660) und *Iberis umbellata* 2200 (2830). Die Durchschnittswerte der Cruciferen betragen 2780 (4320) für die plasmochromen, 2400 (3270) für die chymochromen Blumenblätter.

Es folgen einige Familien mit nur wenigen Vertretern: Die Cistaceen *Helianthemum fumana* pl. 880 (1960), *H. umbellatum* obere, weiße Anteile ch. 840 (2050), untere gelbe pl. 880 (1470), die Violaceen *Viola odorata* ch. mit pl. gelbem Nagel 2550 (4840), *Viola tricolor*, gelb pl. 1260 (1980) 2780/Fl., blau ch. (leicht welk) 1260 (2170) 2220/Fl., *Viola tricolor*, zweifarbige Gartenform, gelbe Anteile pl. 1520 (2800), violette Anteile ch. 1540 (2760), *Viola tricolor*, zweifarbige Wildform, gelbe Teile pl. 1650 (3360), violette Teile ch. 1530 (2440). Ferner die Begoniaceen: *Begonia multiflora hybrida* pl. 1950 (6600) 2020/Fl., *B. multiflora hybrida* ch. 1380 (3850) 1240/Fl., die Theacee *Camellia japonica* ch. 590 (500) 1870/Fl. und schließlich die Saxifragaceen: *Ribes aurea* pl. 2380 (4660), dagegen *R. sanguinea* ch. 1360 (4200) und *Parnassia palustris* 880. Während *Helianthemum* und *Viola* keine eindeutigen Resultate lieferten, tritt bei *Begonia* und *Ribes* wieder deutlich hervor, daß die plastidenführenden Formen stickstoffreicher sind.

Recht zahlreich vertreten ist die Familie der Rosaceen. Die eigentlichen Rosen lassen keinen Unterschied im Stickstoffgehalt zwischen plastidenführenden und plastidenfreien Blumenblättern erkennen. Es wurde gefunden für die plasmochromen *Rosa lutea hybrida hort.* 1520 (3500), *R. Marschall Niel* 1160 (2620) 2980/Fl., *R. pimpinellifolia var. Miriacanta* 820 (1620) 1960/Fl., *R. spec.* 1030 (2210) 4300/Fl., *R. spec.* 1180 (1640) 2550/Fl. und für die chymochromen *Rosa alpina* 1280, *R. gallica* 880, *R. multiflora var. platyphylla Crimson-Rambler* 1480 (2620) und *R. rugosa* 1000 (2300) 2120/Fl. — Aus der Gattung *Potentilla* bestätigen die durch ihre gleichartige Beschaffenheit sehr gut vergleichbaren *Potentilla verna* pl. mit 1530 (3350) und *P. sterilis* ch. mit 1260 (3000) die Hypothese, während *Potentilla fruticosa* pl. mit 860 (2550) und *P. fruticosa*

var. dahurica mit 1010 (2280) ein entgegengesetztes Ergebnis aufweisen. Ferner wurden noch untersucht der plasmochrome *Geum urbanum* mit 1810 (4400), der plasmochrome-chymochrome *Geum rivale mit* 1760 (2700), *Kerria japonica* pl. mit 2790 (4720) und *Pirus malus* ch. mit 1060 (1700). — Immerhin ist der Durchschnittswert des Stickstoffgehalts mit 1450 (2930) 2940/Fl. für die plasmochromen und 1140 (2380) 2120/Fl. für die chymochromen Blumenblätter auch bei den Rosaceen ein höherer für die plasmochromen.

Ein im allgemeinen außerordentlich hoher Stickstoffgehalt fand sich bei den Papilionaceen. Dies mag vielleicht mit der Eigenart der Leguminosen als Stickstoffsammler im Zusammenhang stehen. Besonders stark tritt der Stickstoffreichtum bei der Gattung *Lathyrus* hervor, deren Werte der Theorie widersprechen. Denn die plasmochromen-chymochromen *Lathyrus silvestris* (Fahne) mit 4450 (8800) und *L. aphaca* (Fahne) mit 2330 (3710) und (Flügel) mit 2200 (4300) zeigen niedrigere Stickstoffwerte als die nur chymochromen *Lathyrus odorata* (Fahne) mit 4160 (6680), *L. pratensis* (Flügel) mit 2830 (10200), (Fahne) mit 3000 (6200), *L. tuberosus* (Fahne) mit 4100 (8480), *L. vernus*, blaue Blüten mit 4000 und violette mit 3940. Übereinstimmend mit der Hypothese verhielten sich dagegen die Werte der Gattung *Lupinus: L. luteus* pl. ergab für die Fahne 3240 (4840), für die Flügel 3320 (6150), *L. polyphyllus* ch. für die Fahne 3030 (3470), für die Flügel 2900 (3300). — Aus der Gattung *Cytisus* können verglichen werden *Laburnum vulgare* (*Cytisus laburnum*) pl., Fahne mit Nagel 2560 (3520) mit *Cytisus purpurea* ch., Fahne ohne Nagel 2120 (2600). Die Chimäre aus diesen beiden, der plasmochrome-chymochrome *Cytisus Adami ergab*, Fahne ohne Nagel 2920 (3550) und ein gelber Rückschlag desselben pl., ebenfalls Fahne ohne Nagel 3300 (5100). Weiter sind vertreten die plasmochromen *Cytisus ratisbonensis* mit 3280 (4870) und *C. Rochelli* mit 1750 (2180). Untersucht wurde jeweils Fahne ohne Nagel. — Annähernd gleiche Werte ergaben sich bei der plasmochromen *Medicago falcata* mit 2500 (5510) und der chymochromen *M. sativa* mit 2450 (5100). Weitere untersuchte Schmetterlingsblütler sind die plasmochromen *Anthyllis vulneraria* 1680 (3400), *Colutea arborescens* 2560 (4700), *Lotus corniculatus* 2050 (5070), *Sarothamnus scoparius*, Fahne 2760 (4080), Flügel 2860 (4370), Schiffchen 2560 (3100), *Sophora tetraptera* 3000 (3340) und *Ulex europaeus* 2260 (4800), sowie die chymochromen *Halimodendron argenteum* 2560 (4040) und *Ononis spinosa* 1500 (2760). Der Mittelwert beträgt für die Blumenblätter mit Plastiden 2720 (4490), für

die ohne Plastiden 3050 (5280), also keine Übereinstimmung mit der Theorie. Immerhin läßt sich innerhalb einzelner Gattungen (vgl. *Cytisus* und *Lupinus*) ein höherer Stickstoffgehalt in plastidenführenden Blumenblättern feststellen.

Die folgenden Familien sind wieder nur sehr spärlich vertreten: Die Thymelaeaceen mit *Daphne mezereum* ch. 3540 (3800), die Oenotheraceen mit *Oenothera biennis* pl. 1460 und *Oenothera rosea* ch. 820 (1030), die Malvaceen mit *Abutilon hybridum* pl. 2900 (4660) 4260/Fl. und *Malva rotundifolia* ch. 1350 (1800), die Linaceen mit *Linum capitatum* pl. 1060 (2170), *L. flavum* pl. 1230 (2230), dagegen *L. usitatissimum* ch. 1630 (2330). Daß hier das Ergebnis entgegengesetzt als zu erwarten ausgefallen ist, läßt sich wahrscheinlich darauf zurückführen, daß bei den beiden plasmochromen *Linum*-Arten die Blumenblätter von wesentlich derberer Beschaffenheit sind, weshalb sie, wie schon früher näher aufgeführt wurde, mit ihrem Stickstoffgehalt gegenüber *Linum usitatissimum* schlechter abschneiden. — Es folgen die Oxalidaceen mit *Oxalis stricta* pl. 3000, *O. acetosella* ch. 2720 (1670), *O. Daeppii* ch. 2380 (1820), die Geraniaceen mit *Geranium sanguineum* ch. 690 (860) und *Pelargonium zonale* ch. 1030 (1140), die Tropaeolaceen mit *Tropaeolum majus* pl. gelb 2240 (2040), rotbraun 2130 (2380), ferner die Rutaceen mit *Ruta graveolens* pl. 1500, die Polygalaceen mit Polygala chamaebuxus, gelbes „Schiffchen" pl. 1540 (3120), weiße „Flügel" ch. 1150 (2340) und *P. myrtifolia* ch. „Schiffchen" 940 (2050), „Flügel" 830 (1820), „Troddel" 1000 (2000), die Aceraceen mit *Acer platanoides* pl. 3140 (7050), die Hippocastanaceen mit *Aesculus hippocastanum* ch., gelbes Saftmal der jüngeren Blüten 1200 (2230), weiße Anteile derselben 1420 (3470), rotes Saftmal der älteren Blüten 1170 (1850), weiße Teile derselben 1460 (2680) und *Aesculus pavia* ch., gelbes Saftmal der jüngeren Blüten 1210 (2210), rote Teile derselben 1510 (3150), rotes Saftmal der älteren Blüten 1290 (2100) und rote äußere Teile derselben 1540 (3070), die Balsaminaceen mit *Impatiens noli tangere* pl. 2140 und endlich die Umbelliferen mit *Orlaya grandiflora* ch. 1300.

Die weiter folgenden Familien gehören zu den

c) Sympetalen

Die Theophrastaceen mit *Deherainia smaragdina* pl. 1550 (2920), die Primulaceen mit *Primula elatior* pl. 2320 (3430), *P. offic.* pl.-ch. 2000 (3900), *P. farinosa* ch. 1300 (2460),

P. obconica ch. 1000 (1510), ferner *Lysimachia offic.* pl. 1780 (2850) und *Cyclamen coum* ch. 1950 (2620), die Ericaceen *Rhododendron spec.* pl. 2060 (1920) und *Rh. spec.* ch. 1500 (1340). Die beiden letztgenannten Familien sprechen wieder für die Richtigkeit der Auffassung von Seybold.

Die Familie der Borraginaceen zeigte folgende Ergebnisse: Der grün-gelbe *Symphytum offic.* pl. enthielt 1720 (2260), dagegen die violette Form desselben ch. 2000 (3060). Weiter wurde gefunden: Für die plasmochromen *Omphalodes lutea* 1610 (6720) und *Onosma taurica* 1190 (1500), für die chymochromen *Cynoglossum offic.* 2310 (5160), *Echium vulg.*, rote Blüten 1440 (2120), blaue Blüten 1390 (3110), *Lithospermum purpureo-coeruleum*, rote Blüten 1260 (1870), blaue Blüten 1310 (1650), *Pulmonaria offic.*, rote Blüten 1540 (2630), blaue Blüten 1520 (2750). — Der Mittelwert beträgt für die plastidenführenden Blumenblätter 1510 (4260), für die plastidenlosen 1600 (2800). Bei der geringen Anzahl der untersuchten Objekte, besonders der plasmochromen, und den widersprechenden Ergebnissen für Trocken- oder Frischgewicht als Bezugsgröße, dürfte demselben aber vielleicht kein allzu großes Gewicht beizulegen sein. — Aus den Werten für *Echium*, *Lithospermum* und *Pulmonaria* ist ersichtlich, daß zwischen roten und blauen Blumenblättern kein wesentlicher Unterschied im Stickstoffgehalt vorhanden ist.

Einen ebenfalls der Theorie widersprechenden Mittelwert ergaben die Solanaceen mit 3270 (4550) für die plastidenführenden, 3530 (4900) für die plastidenfreien Blumenblätter. Es ist hauptsächlich die Gattung *Nicotiana* für diese Werte verantwortlich zu machen, die ziemlich eingehend untersucht wurde und durchweg entgegengesetzte Resultate als erwartet ergab. Die Ursache davon ist vermutlich auch hier wieder der derbere Bau der gelben und grünen Blüten. Auch die S. [redacted] erwähnten grünen Blumenblätter von *Deherainia* erwiesen sich als N-arm! Die Werte waren für die plasmochromen *Nicotiana glauca* 3100 (6000), *N. Langsdorffii* 3660 (6000), *N. rustica* 2790, *N. rustica chlorotica* 3740 (4410), *N. rustica FD.* 3070 (3420), *N. rustica texana* 3610 (4100), für die chymochromen *Nicotiana Sanderae* 3420 (4000), *N. silvestris* 4450 (5780), *N. spec.* (weißer Schmucktabak) 4220 (5900), *N. tabacum* 3780, *N. tabacum atropurpurea* 4960 (7580), *N. tabacum*, baumförmig 4080 (5900), *N. tabacum Havanna* 4280 (4560) und für die plasmochrome-chymochrome *Nicotiana glutinosa* 3670 (5550). Der Hypothese entsprechend sind dagegen die Ergebnisse der Gattungen *Scopolia* und *Solanum*: *Scopolia carneolica* pl.-ch. 4080 (5700),

Scopolia physaloides ch. 3600 (4840), *Solanum lycopersicum* pl. 3030, *S. dulcamara* ch. 2100, *S. tuberosum* ch. 2260 (2130). — Weitere Solanaceen enthielten: *Hyoscyamus niger* pl. 2700 (2860), *Mandragora officinarum* pl. 3210 (3060), *Atropa Belladonna* pl.-ch. 2660,*Datura stramonium* pl.-ch. 3200, *Capsicum annuum* ch. 2660 (3450).

Für die Scrophulariaceen ergab sich folgendes: Aus der Gattung *Digitalis* enthielten die plasmochromen *Digitalis ambigua* 1360 (1800) und *D. eriostachya* 1080 (1620); dagegen die chymochromen *Digitalis purpurea* 880 (1640) 2420/Fl., *D. purpurea* weiß 900 (1350), 2070/Fl. und *D. lanata* 940 (2050). Bei letzterem zeigte eine getrennte Untersuchung gelber und violetter Anteile der Blüten, in beiden Fällen chymochrom, keinen Unterschied im Stickstoffgehalt. — Für weitere Scrophulariaceen wurden folgende Werte gefunden: *Euphrasia lutea* pl. 1350, *Euphrasia pratensis* ch.-pl. 1200 (2250), ferner *Scrophularia nodosa* pl. 1140 (2430) und die chymochromen *Antirrhinum spec.*, Gartenform 770 (1290), *Antirrhinum spec.* Gartenform 1130, *Linaria dalmatica*, Oberlippe 1220, Unterlippe 1010 (1730), *Verbascum thapsiforme* 940 und *Verbascum Wiedemanniana* 1620 (1410). Der Mittelwert der 5 plasmachromen Blüten beträgt 1250 (1900), der 8 chymochromen 1080 (1650).

Aus der Familie der Labiaten konnten 11 verschiedene Arten untersucht werden. Sie zeigten folgende Resultate: Aus der Gattung *Lamium Lamium luteum* pl. 2380 (3570), dagegen die chymochromen *Lamium album* 1580 (1740), *L. maculatum* 1760 (1960), *L. purpureum* 1420 (1380). Ferner *Ajuga chamaepytis* pl. 3500 und *Ajuga reptans* ch. 1550 (2800). Von der ersteren konnte in Ermangelung einer größeren Materialmenge nur eine einzige Analyse ausgeführt werden, weshalb der Wert etwas unsicher ist. Aus der Gattung *Teucrium* wurden untersucht: *Teucrium scorodonium* pl. 1630 (3900), dagegen *T. chamaedrys* ch. 1290 und *T. montanum* ch. 1030. Ferner von den Salvien *Salvia glutinosa* pl. 1450, *Salvia offic.* ch. weiß 1020 (1700), blau 960 (1460) und *S. pratensis* 1480 (1970). Außer bei dieser Gattung, deren Ergebnisse nicht ganz eindeutig sind, stimmen also die Resultate hier mit der Theorie überein. Die Durchschnittswerte betragen für die chromatophorenführenden Blumenblätter 2240 (3740), für die chromatophorenfreien 1340 (1860).

Ebenso stehen die Ergebnisse der nun folgenden Gentianaceen und Menyanthaceen ganz mit der Ansicht von Seybold in Einklang: *Gentiana lutea* pl. 2040 (4310) und *Gentiana acaulis* ch. 1120 (1820) 3120/Fl.; *Chlora perfoliata* pl. 1930 (3840)

und *Erythraeacentaurea* ch. 1050 (2270); *Limnanthemum nymphaeoides* (*Menyanthes Nymphoides L.*) pl. 2800 (5810) und *Menyanthes trifoliata* ch. 2620 (2000). Ferner wurden untersucht die Apocynacee *Vinca minor* ch. 1400 (1920), die Oleaceen *Forsythia europaea* pl. 2360 (6000), *Syringa vulgaris* ch. 1750 (3340) und *Jasminum nodiflorum* pl.-ch. 1730 (2880), die Caprifoliaceen: *Lonicera bracteata* pl. 1570 (3600), *L. involucrata* pl. 2390 (5060), *L. tragophylla* pl. 2000 (3600), *L. caprifolium* ch. 2040 (2840) und *L. coerulea* ch. 1530; ferner *Diervilla lonicera* pl. 1110 (2520) und *Diervilla rosea* ch. 780 (880), *Viburnum opulus* pl. 2160 (3960) und endlich die Cucurbitaceen, sämtliche plasmochrom. *Bryonia dioica* 2960 (3730), *Cucumis sativa* 4820 und *Cucurbita pepo* 3820.

Die in größerer Anzahl untersuchten Compositen zeigten folgende Werte: *Aster linosyris* pl. 1600, dagegen *Aster novi Belgii* ch. 1170 (2880), die plasmochrome *Centaurea makrocephala* 1330 (3150) gegenüber den chymochromen *C. cyanus* 1210 (2490), *C. jacea* 1130 (2320), *C. montana* 1620 und *C. ruthenica* 940, *Lactuca muralis* (*Prenanthes muralis L.*) pl. 2210 gegenüber *Prenanthes purpurea* ch. 1220 (2190), *Scorzonera hispanica* pl. 1630 (2780), *S. humilis* pl. 1940 (4200), *S. purpurea* ch. 1730 und schließlich *Zinnia elegans* gelb pl. 1500, *Z. elegans* rot ch. 1380, *Z. elegans* violett ch. 1700. — Ferner ohne vergleichbaren Partner die plasmochromen *Arnica montana* 1920, *Calendula officinalis* 1470 (2280), *Cnicus benedictus* 930 (2830), *Doronicum plantagifolium* 2140 (3220), *Taraxacum offic.* 1830 (3650) und *Tussilago farfara* 1470 (3060), sowie die chymochromen *Bellis perennis* 1210 (2600), *Carthamus tinctorius* 1900 (5600), *Chrysanthemum leucanthemum* 800 (1380), *Cichorium intybus* 1070 (1760), *Dahlia variabilis* rot 1210 (1390) 2000/Fl., *Dahlia variabilis* gelb 2480 und *Mulgedium alpinum* 1920 (1550). — Die Werte der einigermaßen vergleichbaren Blumenblätter stimmen also im allgemeinen gut mit der Hypothese überein. Auch liegt der Mittelwert von 1660 (3140) für die plastidenhaltigen höher als für die plastidenfreien mit 1420 (2420).

II. Monocotylae

Von monocotylen Pflanzen gehört der größte Teil der untersuchten Objekte der Familie der Liliaceen an. Bei der Gattung *Lilium* ergab sich für die plasmochromen *Lilium amabilis* 2160 (2730), *L. bulbiferum* 1420 (1620) 7360/Fl., *L. calcedonicum* 1730 (2300), *L. Hansoni* 1490 (2220) und *L. Henrii* 1500 (2010), ferner

die chymochromen *Lilium candidum* 1580 (1600) und *L. Martagon* 1270 (1230). — Aus der Gattung *Tulipa* enthielten die plasmochromen *Tulipa Kaufmanniana*, hellgelbe Teile des äußeren Kreises 2220 (2680) 5680/Fl., des inneren Kreises 2090 (2560) 4460/Fl., dunkelgelbe Anteile des äußeren Kreises 2200 (2610) 8500/Fl., des inneren Kreises 2060 (2250) 7200/Fl., *Tulipa silvestris*, äußerer Kreis 2140 (3870), innerer Kreis 2480 (4520) 6720/Fl.; ferner die plasmochromen-chymochromen *Tulipa dasystamon* 2560 (3800), *Tulipa Eichleri*, obere rote Anteile 2640 (2800) 5550/Fl., untere schwarzgelbe Anteile 2400 (2340) und *Tulipa praestans* 2600 (3200) 5950/Fl. und schließlich die chymochromen *Tulipa spec.* weiß 2140 (3210) 8350/Fl. und *Tulipa spec.* lila 1840 (2590) 9600/Fl. — An sonstigen Liliaceen sind vertreten die plasmochrome *Lachenalia tricolor* gelb 530 (500), grün 800 (560), die plasmochrome-chymochrome *Veltheimia viridifolia* 1410 (1220) und die chymochromen *Convallaria maialis* 3660 (4300), *Hyacintha hybridum* 2500 (1900), *Ornithogalum nutans* 2020 (1610), *Scilla bifolia* 2330 (2920) und *Veratrum nigrum* 2200 (5660). — Die Mittelwerte betragen für die Blumenblätter mit Plastiden 1910 (2440) 6430/Fl., für diejenigen ohne Plastiden 2170 (2780) 8980/Fl., also entgegengesetzte Werte, als sie die Theorie erfordert. Läßt man aber die stark außerhalb der Reihe liegenden Ergebnisse von *Convallaria majalis* und *Lachenalia tricolor* wegfallen, so erhält man für die plasmochromen Blumenblätter 2070 (2670), für die chymochromen 1980 (2590). Im übrigen entsprechen auch die Werte einzelner Gattungen, unter sich verglichen, im großen und ganzen den Forderungen der Hypothese.

Von weiteren monocotylen Familien sind jeweils nur einige Vertreter vorhanden: Die Amaryllidaceen *Narcissus pseudonarcissus var. bicolor* pl., Blumenblätter 1740 (2460), Krönchen 2280 (3950), *Narcissus poeticus*, Blumenblätter ch. 2480 (2450), Krönchen pl. 3780 (10300), *Paris quadrifolia* pl. 3280 (5900), *Galanthus nivalis*, innerer Kreis pl.-ch. 2050 (2910), äußerer Kreis ch. 2150 (2760). — Von Iridaceen sind vertreten: *Gladiolus* Gartenform, dunkelgelb pl. 1430, hellgelb pl. 1270 (1010), blau ch. 1930 (1490), ferner *Iris pseudacorus* pl. 2420, *Iris pallida* ch. 1920 (1490) 1920/Fl., *Iris sibirica* ch. 1760 (1420) 2010/Fl., endlich die durchweg chymochromen *Crocus vernus weiß* 1550 (2000) 1710/Fl., blau 1290 (1700) 2150/Fl., gelb 930 (1100) 1460/Fl., *Freesia refracta* (*Amethyst*) 1790 (2400), *F. refracta* (*Robinetta*) 2080 (2630), *F. refracta* (*Buttercup*) 2000 (2150) und *Montbretia speciosa* 2320. — Bei *Strelitzia regina* aus der Familie der Musaceen ergaben

die gelben Blumenblätter pl. 1140 (1210), die blauen ch. dagegen 680 (1000). — Es folgen die Orchidaceen mit *Dendrobium chrysotoximum* pl., Blumenblätter 880 (750), Labellum 1040 (1100) und *Dedrobium thyrsiflorum* Blumenblätter ch. 1570 (800), Labellum pl. 1600 (1040), ferner die plasmochromen *Cymbidium giganteum*, gelbrotes Labellum 1740 (1780), grüne Perigonblätter 1690 (1830), *Neottia nidus avis* 3440 (3880) und *Vanilla planifolia* 3850 und die chymochromen *Orchis maculatum* 1730 (1650) und *Vanda tricolor* 1260 (1350). — Vertreter der Araceen sind *Richardia albo-aureo-marginata* pl. weißgelb mit 2960 (3060) 17 200/Fl., gelb mit 2920 (3480) 16 800/Fl. und *Zantedeschia albimaculata* ch. mit 1840 (2040) 8030/Fl. — Bei der geringen Zahl von Analysen läßt sich ein Mittelwert für die einzelnen Familien nicht bilden. Es sind aber einige augenfällige Beispiele vorhanden wie *Iris*, *Streelitzia* gelbblau, *Richardia-Zantedeschia*, die für die Richtigkeit der Theorie sprechen. Entgegengesetzt sind allerdings die Werte der *Gladiolen*.

Faßt man die gesamten Analysenresultate zusammen, indem man die Mittelwerte bildet (Tab. 1), so zeigt sich, daß die N-Werte der plastidenführenden Blumenblätter im Durchschnitt immer höher sind als die der plastidenfreien, gleichgültig, welche der drei Bezugsgrößen man wählt. Allerdings kommt dieser Unterschied am stärksten zum Ausdruck in Bezug auf die Flächeneinheit (chymochrome Blumenblätter um 29% niederer als plasmochrome), am wenigsten stark in bezug auf das Trockengewicht (chymochrome um 21% niederer). Daß diese Werte die hauptsächlichste Stütze für die Theorie bedeuten, unterliegt keinem Zweifel. Denn bei der großen Zahl von Untersuchungen (pl. 200, ch. 190) dürfte der Fehler, mit dem der Einzelfall behaftet ist, weitgehend ausgemerzt und ein Vergleich der Werte plasmochrom-chymochrom unbedenklich statthaft sein.

Tab. 1

	γ N pro		
	100 mg Trockengew.	1000 mg Frischgew.	100 cm² Fläche
plasmochrom . . .	2280	3650	6340
chymochrom . . .	1800	2660	4440

Wenn auch die Blumenblätter innerhalb kürzerer Zeit, wie bereits Schumacher (1932) festgestellt hat und wie im folgenden bestätigt wird, größere Schwankungen im N-Gehalt aufweisen, so ist bei der statistischen Aufnahme des N-Gehaltes einer großen Anzahl

plasmochromer und chymochromer Blumenblätter (ungefähr 400 Arten) die „Zufälligkeit zu großer oder kleiner Einzelwerte" eliminiert. Daß chymochrome Blumenblätter in einem jüngeren Stadium die gleiche oder gar eine größere N-Menge als plasmochrome in einem älteren haben können, soll nicht bestritten werden. Unsere Analysen zeigen eben, daß im allgemeinen plasmochrome Petalen vollentfalteter Blüten — und in diesem Zustand wurden alle verwendet — einen höheren N-Gehalt aufweisen als die chymochromen.

2. *Vergleichende Untersuchung des N-Gehaltes der Blumenblätter in verschiedenen Entwicklungsstadien*

Von besonderem Wert für die Beweisführung der Richtigkeit der Theorie sind solche Blüten, die im Lauf ihrer Entwicklung vom plasmochromen in den chymochromen Zustand übergehen. Hier ist ein störender Faktor, nämlich die unterschiedliche anatomisch-histologische Beschaffenheit des zu vergleichenden Blütenmaterials, weitgehend ausgeschaltet. Solche Beispiele sind allerdings sehr selten, es konnten nur *Cheiranthus kewensis*, die Verbenacee *Lantana hybrida hort.* und eine Gartenform von *Lonicera caprifolium* untersucht werden. Bei *Cheiranthus* ist die erwachsene Blüte zunächst gelb (pl.), geht aber mit zunehmendem Alter in einen violetten (ch.) Zustand über. Die gelben Blumenblätter ergaben Werte von 2630 (5000), die violetten von 2000 (3400), es tritt als ein deutlicher Rückgang des Stickstoffgehalts im chymochromen Stadium in Erscheinung. Nicht so auffällig war dieser bei *Lantana*, deren Blüten zunächst gelb, dann rot, dann violett und schließlich weiß sind. Es enthielten die gelben Blumenblätter (pl.) 1830 (3980), die gelben Anteile roter Blumenblätter (pl.) 1950 (4140), die roten Blumenblätter (pl.-ch.) 1760 (4100), die violetten (ch.) 1640 (3800) und die weißen (ch.) 1730 (5130). Es läßt sich also in bezug auf das Trockengewicht immerhin eine, wenn auch geringe Abnahme an Stickstoff vom plasmachromen zum chymochromen Zustand feststellen. Bei *Lonicera* war dieser Rückgang stark in die Augen fallend: Die jüngsten grünen Blumenblätter pl. ergaben 2450 (4950), die im Alter folgenden violetten ch. 1930 (3000) und weißen ch. 1990 (2830) und die ältesten gelben pl. 2660 (3390). Was bei diesem Beispiel besonders auffällt, ist, daß hier dem chymochromen Stadium wieder ein sekundäres plasmochromes folgt. Offensichtlich tritt mit der Bildung der Sekundär-Carotinoide in den Blumenblättern wieder eine Zunahme des Stickstoffes ein.

Im Anschluß daran seien einige Versuche angeführt, bei welchen die Blütenknospen und die erwachsenen, z. T. auch die absterbenden Blüten untersucht wurden. Hier fällt zwar bei einem Vergleich die Verschiedenheit des Materials wieder stärker ins Gewicht; trotzdem ließ sich in den meisten Fällen in Übereinstimung mit SCHUMACHER eine Abnahme des Stickstoffgehalts mit zunehmendem Alter beobachten. Die Ergebnisse waren: *Liriodendron tulipifera*, Knospen: Kelch 2080 (4500) 14 200/Fl., grüne Blumenblätter 2560 (5600), gelbe Blumenblätter 2800 (6000), ausgewachsene Blüten: Kelch 1760 (3570) 11 800/Fl., grüne Blumenblätter 1980 (3790), gelbe Blumenblätter 2120 (4270), absterbende Blüten: Kelch 1310 (2800) 8200/Fl., grüne Blumenblätter 1720 (3670), gelbe Blumenblätter 1700 (3250). *Helleborus niger*, Knospen 1740 (2950), ausgewachsen 1800 (2640), *Caltha palustris*, Knospen 4640 (6800), ausgewachsen 3120 (3900), *Mina lobata*, gelbrote Knospen 3180 (4700), gelbe ausgewachsene Blüten 2690 (3860). *Digitalis purpurea* weiß, Knospen 2140 (4000), ausgewachsen 900 (1350), *Jasminum nodiflorum*, Knospen 2080 (3700), ausgewachsen 1730 (2880), *Lonicera caprifolium*, Knospen 2460 (4320), ausgewachsen 2040 (2840), *Lonicera tragophylla*, ältere Knospen 1800 (3850), ausgewachsen 2000 (3600), *Lilium amabilis*, Knospen 2080 (2800), ausgewachsen 2160 (2730), *Tulipa silvestris*, Knospen 2610 (5020), ausgewachsen 2310 (4200), *Tulipa Kaufmanniana*, *Knospen* 2440 (3740) 7740/Fl., ausgewachsen 2140 (2530) 6460/Fl., *Tulipa Eichleri*, Knospen, obere rote Anteile 2820 (3460), untere schwarz-gelbe Anteile 2570 (2900), ausgewachsen, oben 2640 (2800), unten 2400 (2340), *Veltheimia viridifolia*, Knospen 1390 (1830), ausgewachsen 1410 (1220), *Iris pseudacorus*, kurz vor dem Aufblühen 2790, aufgeblüht 2420, *Freesia refracta* (Buttercup), Knospen 2540 (6480), ausgewachsen 2000 (2150), *Strelitzia regina*, Knospen blau 1000 (1660), gelb 1420 (1640), ausgewachsen blau 680 (1000), gelb 1140 (1210), *Zantedeschia albimaculata*, noch eingerollte Hochblätter 2200 (2610) 13 500/Fl., ausgewachsene HB. 1840 (2040) 8030/Fl.

Eine stufenweise Untersuchung mehrerer Altersstadien konnte bei *Forsythia europaea* und bei *Hyacintha hybridum* durchgeführt werden. Für erstere ergab sich: ganz junge, noch grüne Blumenblätter 3050 (10 320), einige Tage vor dem Aufblühen 2720 (8340), gerade am Aufblühen 2360 (6000), eine Woche blühend 2060 (2900), am Verblühen 2580 (3070), stark welkend 2640 (6650). Die überraschende Stickstoffzunahme in den beiden letzten Stadien läßt sich wohl so erklären, daß in dem alternden Blatt durch Dissimilation,

Stoffabgabe und Stoffauswanderung von stickstofffreien Blattsubstanzen eine Abnahme des Trocken-, bzw. Frischgewichtes erfolgt, was eine scheinbare Erhöhung des Stickstoffgehaltes bedingt. Bei *Hyacintha hybridum* kommt der Rückgang des Stickstoffgehaltes besonders deutlich zum Ausdruck, wenn man das Frischgewicht als Bezugsgröße wählt, während die Werte bezogen auf das Trockengewicht etwas uneinheitlich sind: Ganz junge, grüne Blumenblätter 2660 (3640), noch grüne mit bereits rötlichen Stellen 2360 (3070), rosafarbene mit stellenweise noch grünen Flecken 2360 (3000), nahezu ausgewachsene 2400 (2100) und ausgewachsene 2500 (1900).

3. Vergleichende Betrachtung des N-Gehaltes von Blumenblättern und anderen Pflanzenorganen

Um einen Einblick zu bekommen, wie sich der Stickstoffgehalt der Blumenblätter zu dem anderer Pflanzenteile verhält, wurden auch einige Laubblätter in grünem und vergilbtem Zustand, sowie grüne und weiße Anteile verschiedener panaschierter Formen untersucht. Die gefundenen Resultate bestätigen die schon früher gemachte Feststellung, daß der Stickstoff aus dem vergilbenden Blatt teilweise zurückgezogen wird. Diese „Auswanderungslehre" wird eingehend von Swart (1914) besprochen und von ihm mit einer Reihe fremder und eigener Analysen begründet. Ein Vergleich zwischen seinen Werten und den von mir gefundenen ließ sich in den meisten Fällen nicht anstellen, da es sich größtenteils um verschiedene Pflanzen handelt; ferner sind bei Swart die Ergebnisse teils in Prozent der lufttrockenen Substanz, deren Menge unbekannt ist, angegeben, oder ist die Anzahl der Blätter als Bezugseinheit genommen, während hier, wie bei den Blumenblättern, von Trockengewicht, Frischgewicht und Fläche ausgegangen wurde. Meine Ergebnisse waren: *Fagus silvatica*, grüne Laubblätter 1800 (9200) 7100/Fl., gelbe 1180 (5800) 4570/Fl., braune 760 (4500) 4200/Fl. (Die bei Swart in den Tabellen von Rissmüller und Dulk angegebenen Werte für Buchenblätter sind annähernd um das Zehnfache höher. Molliard (1911) dagegen findet 2,11 mg N pro 100 mg Trockengewicht.) Bei *Celthis australis* enthielten die grünen Blätter 1860 (8200) 12 800/Fl., die gelben 1400 (5500) 8000/Fl.

Außer diesen Vergleichsanalysen von grünen und herbstlich verfärbten Laubblättern sind auch noch einige Fälle mit grün-gelb und grün-weiß panaschierten Blättern untersucht worden. Bei *Sambucus nigra* ergaben sich die folgenden N-Werte: Grüne Blattareale 5760 (7600), gelbe 7000 (10 000). (Molliard [1912] gibt für *Sam-*

bucus nigra, grüne Blätter 6,12 mg pro 100 mg Trockensubstanz, für panaschierte 7,13 mg an.) Von *Ficus elastica* und *Monstera deliciosa* sind grüne und vergilbte Anteile desselben Blattes analysiert worden, wobei sich für erstere ergab: grüne Anteile 1740 (4920) 21 600/Fl., gelbe Anteile 1170 (2100) 9350/Fl., für letztere: grüne Anteile 2680 (7550) 21 300/Fl., gelbe Anteile 1260 (2410) 8150/Fl. Die folgenden sind grün-weiß panaschierte Formen *Prunus laurocerasus*, grüne Anteile 1970 (7500) 19 600/Fl., weiße Anteile 2310 (7100) 16 200/Fl., *Bougainvilla glabra* (?), grüne Anteile 6200 (18 400) 20 200/Fl., weiße Anteile 6500 (8400) 10 600/Fl., *Aspidistra elatior var. variegata*, grüne Anteile 2640 (8500) 18 300/Fl., weiße Anteile 2950 (8400) 15 300/Fl. (Molliard: grüne Anteile 2,70 mg pro 100 mg Trockengewicht, weiße Anteile 3,12 mg.) *Acer negundo*, grüne Anteile 4050 (8300) 12 800/Fl., weiße Anteile 5420 (8600) 9400/Fl. (Molliard ermittelte: grüne Anteile 4,20 mg pro 100 mg Trockengewicht, weiße Anteile 5,73 mg). — Außer bei *Sambucus nigra* findet sich also immer in den gelben und weißen Anteilen ein geringerer Stickstoffbetrag, wenn man die Blattfläche als Bezugseinheit wählt. Beim Trockengewicht tritt dies allerdings nicht immer in Erscheinung, da hier wieder die zartere Struktur der weißen und gelben Anteile „Verzerrungen" der Stickstoffwerte im Vergleich zu den grünen Anteilen verursacht. Dies ist wohl auch der Grund, weshalb Molliard, der seine Werte lediglich auf das Trockengewicht bezog, eine Vermehrung des Gesamtstickstoffs in panaschierten Blättern gegenüber grünen feststellen konnte.

Zum Schluß soll noch ein in der Versuchsreihe vereinzelt dastehender Fall erwähnt werden: *Euphorbia pulcherrima* bildet rote chymochrome Hochblätter aus, deren Stickstoffgehalt untersucht und mit dem der grünen Laubblätter derselben Pflanze verglichen wurde. Es ergab sich für die Hochblätter 2240 (3150) 4860/Fl., für die jungen Laubblätter direkt unter den Hochblättern 4300 (8900) 9750/Fl. und für ältere Laubblätter weiter unten am Stamm 3600 (7150) 11 000/Fl.

Vergleicht man den Durchschnittswert aller untersuchten Laubblätter, der 3070 (6700) 11 930/Fl. beträgt, mit dem der Blumenblätter, so sieht man, daß er bezogen auf das Trockengewicht etwa um die Hälfte, bezogen auf Frischgewicht und Fläche doppelt so hoch ist. Auch diese Tatsache deutet auf die Richtigkeit der Theorie hin, nach welcher zu erwarten ist, daß die chloroplastenführenden Laubblätter stickstoffreicher sind als die Blumenblätter, die man also mit Recht als physiologische Hemmungsbildungen auffaßt.

Zum Vergleich seien noch einige Werte für den Stickstoffgehalt in Pollenkörnern mitgeteilt, die von Planta (1886) veröffentlichte. Es werden für die Pollen der Haselstaude 4,81%, für die der gemeinen Kiefer 2,65% Gesamtstickstoff angegeben. (Die Prozentzahlen beziehen sich auf über Schwefelsäure getrocknetes Material.)

Interessehalber wurden von mir noch zwei Algen auf ihren Stickstoffgehalt untersucht: Die Volvocale *Sphaeroplea* ergab 4300 (5400), die Cyanophycee *Microcystis aeruginosa* 5360. Diese Werte liegen also ebenfalls in der Größenordnung der Laubblätter. Daß die Beträge etwas höher sind, rührt wohl daher, daß bei den Algen Zellulosesubstanzen u. dgl. nicht wie bei den Laubblättern ins Gewicht fallen.

Zusammenfassung

Nach der Auffassung von Seybold bedeutet der Übergang von grünen Laubblättern zu den gelben (pl.) Blumenblättern und weiter zu den blauen, roten und weißen (ch.) Blumenblättern eine physiologische Reduktion. Bei den gelben Blumenblättern wird das Chlorophyll, analog der Erscheinung des im Herbst sich verfärbenden Laubes, abgebaut, da es seine protoplasmatischen Träger infolge N-Auswanderung verloren hat; die Plastiden sind noch vorhanden, und an sie sind die Carotinfarbstoffe gebunden. Bei den chymochromen Blumenblättern ist die Reduktion weiter gegangen: hier sind auch die Plastiden durch weiteren Stoffabbau selbst zerfallen. — Diese physiologische Reduktion von den plasmochromen zu den chymochromen Blumenblättern müßte nach der Theorie in einer Herabminderung des Stickstoffgehalts bei letzteren zum Ausdruck kommen. Es wurden nun insgesamt 390 verschiedenerlei Blumenblätter, darunter 200 plasmochrome und 190 chymochrome darauf untersucht. Die Mittelwerte betragen für die plastidenführenden 2280 (3650) 6240/Fl., für die plastidenfreien 1800 (2660) 4440/Fl.

Der Vergleich einzelner plasmochromer und chymochromer Partner, der allerdings nur unter einem gewissen Vorbehalt möglich ist, ist in Tabelle 2 angestellt.

Tab. 2

Gattungsname (Species s. syst. Abschnitt C 1)	N in plasmochrom	N in chymochrom	Diff. d. Chym. in % bez. auf Trockeng.
Corylopsis-Hamamelis	3100 (4540)	1160 (4160)	− 62
Liriodendron-Magnolia	2050 (4030)	3320 (3450)	+ 62
Aristolochia	4890 (6380)	2580 (2740)	− 47
Aconitum	1530 (1830)	960 (1810)	− 37
Anemone	3370 (6900)	1960 (3090)	− 42
Aquilegia	1330 (2090)	1270 (1550)	− 4
Helleborus	1860 (4100)	1800 (2460)	− 3
Paeonia	1170 (1980) 4700/Fl.	1090 (2000) 4560/Fl.	− 7
Ranunculus	1660	2210	+ 34
Epimedium	2540 (3610)	1470 (1850)	− 42
Nuphar-Nymphaea	4640 (7910) 16000/F.	1590 (1890) 4630/F.	− 66
Corydalis	2020 (2440)	1620 (1740)	− 20
Eschscholtzia	1740 (2580)	1710 (2110)	− 2
Glaucium-Papaver	1750	1490	− 15
Brassica-Raphanus	2810 (4230)	2450 (3540)	− 13
Helianthemum	880 (1720)	840 (2050)	− 5
Viola	1480 (2710)	1440 (2460)	− 3
Begonia	1950 (6600) 2020/F.	1380 (3850) 1240/F.	− 29
Ribes	2380 (4660)	1360 (4200)	− 43
Rosa	1140 (2320) 2950/F.	1160 (2460) 2120/F.	+ 2
Potentilla	1530 (3350)	1260 (3000)	− 18
Potentilla frut.	860 (2550)	1010 (2280)	+ 18
Geum	1810 (4400)	1760 (2700) pl-ch.	− 3
Lupinus	3280 (5500)	2970 (3390)	− 9
Lathyrus	2990 (5630) pl-ch.	3670 (7890)	+ 21
Cytisus	2780 (3840)	2120 (2600)	− 26
Medicago	2500 (5510)	2450 (5100)	− 2
Oenothera	1610	820	− 49
Abutilon-Malva	2900 (4660)	1350 (1800)	− 53
Linum	1080 (2010)	1630 (2330)	+ 51
Oxalis	3000	2550	− 15
Polygala	1540 (3120)	970 (2070) pl-ch.	− 37
Primula	2160 (3670)	1150 (1990)	− 47
Rhododendron	2060 (1920)	1500 (1340)	− 27
Symphytum	1720 (2260) pl-ch.	2000 (3060)	+ 16
Nicotiana	3380 (4910)	4160 (5620)	+ 24
Scopolia	4080 (5700) pl-ch.	3260 (4840)	− 10
Solanum	3030	2180	− 28
Digitalis	1170 (1660)	890 (1710)	− 24
Euphrasia	1350	1200 pl-ch.	− 11
Ajuga	3500	1550	− 55
Lamium	2380 (3570)	1590 (1690)	− 33

Gattungsname (Species s. syst. Abschnitt C 1)	N in plasmochrom	N in chymochrom	Diff. d. Chym. in % bez. auf Trockeng.
Salvia	1450	1150	— 21
Teucrium	1630	1150	— 29
Chlora-Erythraea	1930 (3840)	1050 (2270)	— 45
Gentiana	2040 (4310)	1120 (1820)	— 45
Limnanthemum - Menyanthes	2800 (5810)	2620 (2000)	— 7
Forsythia-Syringa	2360 (6000)	1750 (3340)	— 26
Diervilla	1110 (2520)	780 (880)	— 30
Lonicera	2160 (3920)	1880 (2890)	— 13
Aster	1600	1170	— 27
Centaurea	1330 (3150)	1230 (2410)	— 8
Lactuca-Prenanthes	2210	1220	— 45
Scorzonera	1780	1730	— 3
Zinnia	1500	1540	+ 3
Lilium	1660 (2180)	1430 (1420)	— 14
Tulipa	2390 (3200) 2620/F.	1990 (2900) 8980/F.	— 17
Narcissus	1740 (3460)	2480 (2450)	+ 15
Iris	2420	1840	— 28
Gladiolus	1350 (1010)	1930 (1490)	+ 43
Dendrobium	1170 (970)	1570 (800)	+ 34
Richardia-Zantedeschia	2940 (3270) 17000/F.	1840 (2040) 8030/F.	— 87

In der Tabelle 2 sind, wo es sich um mehrere Vergleichspflanzen handelt, deren Werte zu einem Mittelwert vereinigt. Aus der Zusammenstellung geht hervor, daß in etwa 80 % der Fälle der Stickstoffgehalt der plasmochromen Blumenblätter über dem der chymochromen liegt.

Trotz gewisser Vergleichsschwierigkeiten, die in der großen anatomisch-histologischen Mannigfaltigkeit der zu vergleichenden Objekte begründet liegen, bestätigt also die vorliegende Arbeit in ihren Einzelwerten wie auch in ihrem Gesamtergebnis die Auffassung von Seybold, daß mit dem Wechsel vom plasmochromen zum chymochromen Stadium eine Stickstoffverarmung der Zelle einsetzt.

Schrifttum

A. FREY-WYSSLING, Über die Herkunft der sekundären Pflanzenstoffe. Die Naturwissenschaften **26** (1938) 624. — E. KEYSSNER u. K. TAUBÖCK, Die Stickstoffbilanz. Handbuch der Pflanzenanalyse IV/2. Spezielle Analyse III (1933) 1345. — CL. MARQUARDT, Die Farben der Blüthen. Verlag T. Habicht, Bonn 1835. — M. MOLLIARD, L'azote et la chlorophylle dans les galles et les feuilles panachées. C. R. Acad. Sc. Paris **152** (1911) 274. — Ders., L'azote dans les feuilles panachées et les feuilles normalement dépourvues de chlorophylle. Bull. soc. botan. **59** (1912) 341. — A. VON PLANTA, Über die chemische Zusammensetzung des Blüthenstaubs in der Haselstaude. Die landwirtschaftlichen Versuchsstationen **31**, 1885. — Ders., Über die chemische Zusammensetzung des Blüthenstaubs der gemeinen Kiefer. Die landwirtschaftlichen Versuchsstationen **32**, 1886. — A. F. W. SCHIMPER, Untersuchungen über die Chlorophyllkörner und die ihnen homologen Gebilde. Jahrb. f. wiss. Bot. **16** (1885) 1. — W. SCHUMACHER, Über Eiweißumsetzungen in Blütenblättern. Jahrb. f. wiss. Bot. **75** (1932) 581. — A. SEYBOLD, Pflanzenpigmente und Lichtfeld als physiologisches, geographisches und landwirtschaftlich-forstliches Problem. [redacted] **60** (1942) 64. — Ders., Die Blattfarbstoffe und ihre physiologische Bedeutung. Die Umschau **13** (1943) 189. — N. SWABT, Die Stoffwanderung in ablebenden Blättern. Verlag Gustav Fischer, Jena 1914.